

PCT/KR 03/01681
RO/KR 20.08.2003

REC'D 10 SEP 2003

WIPO PCT



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

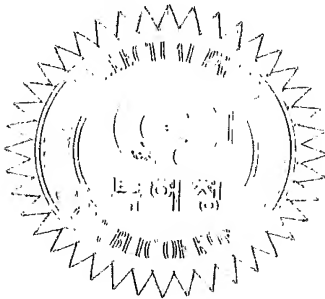
This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0046882
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 07월 10일
Date of Application

출원 인 : (주)이오시스템 외 1명
Applicant(s) EO SYSTEM CO., LTD, et al.

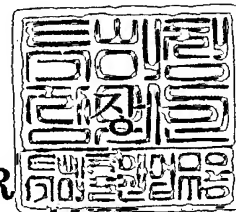
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



2003 년 08 월 20 일

특 허 청

COMMISSIONER





1020030046882

출력 일자: 2003/8/27

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.07.10
【발명의 명칭】	레이저 거리 측정 장치 및 그 방법
【발명의 영문명칭】	Laser Rangefinder and method thereof
【출원인】	
【명칭】	(주)이오시스템
【출원인코드】	1-2001-001106-6
【출원인】	
【명칭】	에이앤디엔지니어링 주식회사
【출원인코드】	1-1999-017847-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	이원일
【포괄위임등록번호】	2003-013658-5
【포괄위임등록번호】	2003-048019-3
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이석환
【성명의 영문표기】	LEE, SEOK HWAN
【주민등록번호】	630520-1037716
【우편번호】	407-705
【주소】	인천광역시 계양구 계산동 은행마을 아주아파트 421동 503호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이재영
【성명의 영문표기】	LEE, JAE YOUNG
【주민등록번호】	670207-1814914
【우편번호】	151-053
【주소】	서울특별시 관악구 봉천3동 1000번지 관악현대아파트 102동 104호
【국적】	KR



1020030046882

출력 일자: 2003/8/27

【발명자】

【성명의 국문표기】 남기출
【성명의 영문표기】 NAM, KI CHOUL
【주민등록번호】 711008-1453211
【우편번호】 462-710
【주소】 경기도 성남시 중원구 은행2동 550번지 은행주공아파트 203동 207호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 강경목
【성명의 영문표기】 KANG, KYUNG MOK
【주민등록번호】 740915-1118015
【우편번호】 402-808
【주소】 인천광역시 남구 도화2동 127-46번지 403호
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 유근식
【성명의 영문표기】 YOO, GEUN SIK
【주민등록번호】 740807-1156213
【우편번호】 402-061
【주소】 인천광역시 남구 도화1동 416-2번지 서해하이츠 B동 301호
【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 유미특허법인 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	15 면	15,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	16 항	621,000 원
【합계】		665,000 원
【감면사유】		중소기업
【감면후 수수료】		332,500 원

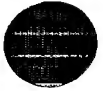


1020030046882

출력 일자: 2003/8/27

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통
2. 중소기업기본법시행령 제2조에 의한 중소기업에 해당함을 증명하는 서류[추후제출]_1통



【요약서】

【요약】

본 발명은 레이저 거리 측정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

본 발명에서는 잡음은 비상관성을 가지고 신호는 상관성을 갖는 특성을 이용하여, 레이저광을 표적으로 출력하여 표적까지의 거리를 초당 수천회의 높은 반복률로 측정하고, 매회 측정시의 신호를 거리측정분해능에 해당하는 샘플링 주파수로 이진 양자화한 후 데이터를 누적한다. 이후 누적된 데이터를 통계적으로 처리하여 표적 신호를 검출하고, 이를 토대로 표적 거리를 산출한다.

이러한 본 발명에 따르면, 저출력의 레이저광을 출력하고 표적으로부터 반사되어 입력되는 레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 검출하는 거리 측정 장치에서, 잡음속에 묻혀진 표적 신호를 용이하고 정확하게 검출할 수 있다.

【대표도】

도 1

【색인어】

레이저, 거리측정, 누적이진검출,



【명세서】

【발명의 명칭】

레이저 거리 측정 장치 및 그 방법{Laser Rangefinder and method thereof}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 거리 측정 장치의 블록도이다.

도 2는 도 1에 도시된 레이저 수신부의 상세 구조도이다.

도 3은 도 1에 도시된 거리 검출부의 상세 구조도이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 누적이진검출 확률분포를 나타낸 예시도이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 거리 측정 장치의 동작 순서도이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 아날로그 신호 파형 및 이진 검출신호 출력의 예시도이다.

도 7은 종래의 문턱검출방식에 의한 펄스 검출 오차를 나타낸 예시도이다.

도 8은 본 발명에 실시 예에 따른 펄스 검출 오차를 나타낸 예시도이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<9> 본 발명은 거리 측정 장치에 관한 것으로 더욱 상세하게 말하자면, 레이저를 이용한 거리 측정 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

<10> 종래의 레이저 거리 측정 장치는 일반적으로 수 메가와트의 고출력 레이저를 사용하므로, 표적으로부터 반사된 신호(표적 신호)의 크기가 광 잡음, 검출기 잡음, 증폭기 잡

음 등으로 구성되는 시스템 잡음보다 매우 높아서, 간단한 문턱검출방식(Threshold Detection Method)을 통해서도 용이하게 표적 신호를 검출할 수 있었다.

<11> 그러나 고출력 레이저는 사람의 눈을 손상시킬 수 있는 위험성이 있기 때문에, 최근에는 레이저 출력이 규제되면서 눈에 안전한 저출력 레이저 다이오드를 이용한 거리 측정 장치의 필요성이 부각되고 있다. 이에 따라 측정 거리 증대를 위한 새로운 방식의 신호 처리 기술 연구가 경쟁적으로 이루어지고 있다.

<12> 이러한 시력 보호용 레이저 다이오드 거리 측정 장치의 대표적인 예로는 현재 시판되고 있는 측지용 광파거리 측정 장치가 있다. 그러나 이 측정 장치는 변조된 레이저빔을 표적 위치에 설치된 되반사 거울(retroreflector)을 향해 발사한 후, 되반사 거울에서 반사된 신호의 위상을 검출하여 거리를 측정하는 방식이기 때문에, 되반사 거울을 사용하지 않고 펄스 검출 방식을 사용하는 거리 측정 장치와는 신호 처리 기술 원리가 근본적으로 다르다.

<13> 저출력 레이저 다이오드를 이용하고 펄스 검출 방식을 이용한 거리 측정 장치에서는 표적으로부터 반사되는 표적 신호의 출력이 광 잡음, 검출기 잡음, 증폭기 잡음 등으로 구성되는 시스템 잡음보다 작기 때문에, 표적 신호를 검출하기가 용이하지 않다. 이에 따라 시력 보호용 저출력 레이저 다이오드를 사용하는 거리 측정 장치에서 표적 신호를 정확하게 검출할 수 있는 신호 처리 기술이 요구되고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<14> 그러므로, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 저출력 레이저 다이오드를 사용하고 펄스 검출 방식에 따라 거리를 측정하는 장치에서 표적 신호를 정확하게 검출하고자 하는데 있다.



<15> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 잡음 속에 묻힌 표적신호를 검출하여, 레이저 거리 측정 장치의 거리측정 능력을 향상시키고자 하는데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<16> 이러한 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 되반사 거울을 사용하지 않는 펄스 검출방식을 사용하는 시력보호용 레이저 거리 측정 장치에서, 잡음은 비상관성을 가지고 신호는 상관성을 갖는 특성을 이용하여, 표적까지의 거리를 초당 수천회의 높은 반복률로 측정하고 매회 측정시의 신호를 거리측정분해능에 해당하는 샘플링 주파수로 이진 양자화한 후 데이터를 누적한다. 이후 누적된 데이터를 통계적으로 처리(누적 이진 검출 방법)하여 표적 신호(표적으로부터 반사된 레이저광에 해당하는 신호로서 잡음이 제거된 신호)를 검출하고, 이를 토대로 표적 거리(표적까지의 거리)를 산출한다.

<17> 본 발명의 특징에 따른 레이저 거리 측정 방법은, a) 표적으로부터 반사되어 입력되는 레이저광을 수신하여 해당하는 전기적 신호로 출력하는 단계; b) 상기 전기적 신호에 포함되어 있는 잡음 성분을 제거하는 단계; c) 상기 잡음이 제거된 신호를 측정 데이터로 변환하는 단계; d) 상기 측정 데이터를 순차적으로 저장하는 단계; e) 상기 저장된 측정 데이터와 이전에 처리되어 저장되어 있던 누적 데이터를 합산하고, 그 결과값을 누적 데이터로 저장하는 단계; f) 상기 누적 데이터 중에서 문턱값을 초과하는 데이터를 표적 신호로 검출하는 단계; 및 g) 상기 검출된 표적신호를 토대로 표적 거리를 판독하는 단계를 포함한다. 여기서, 상기 a) 내지 e) 단계는 N회 반복 수행되며, 상기 f) 단계의 누적 데이터는 상기 N회 반복 수행에 따라 얻어진 데이터이다.

<18> 또한, 상기 a) 단계는 상기 레이저광을 수신하여 해당 광전류 신호로 변환한 다음에, 이 신호를 전압 신호로 변환하며, b) 단계는 전압 신호를 미분하여 상기 전압 신호에 중첩되어 거



리에 따라 지수적으로 감소하는 레이저의 배경산란에 의한 전압성분을 제거할 수 있다. 이 경우, 상기 미분 처리된 신호를 표적 신호의 주파수 대역과 동일한 소정의 주파수 대역폭으로 필터링하는 단계를 더 포함할 수 있다. 여기서, 상기 대역폭은 $0.35/t_r$ (t_r 은 레이저 펄스의 상승 시간)을 만족하고, 차단 주파수는 $1/2\tau$ (τ =레이저 펄스의 반치폭)를 만족하는 것이 바람직하다.

<19> 한편, 상기 g) 단계에서 상기 표적 거리는 상기 문턱값 이상인 누적 데이터가 저장되어 있는 메모리의 주소이다.

<20> 또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 레이저 거리 측정 장치는, 레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 측정하는 거리 측정 장치로서, 상기 표적에서 반사되는 레이저광을 수신하여 전기적인 신호로 출력한 후, 상기 전기 신호에 포함된 잡음 성분을 제거한 다음 이진 신호인 측정 데이터로 출력하는 레이저 수신부; 및 이전 누적 데이터가 저장되어 있는 프레임 램을 포함하고, 상기 레이저 수신부로부터 출력되는 측정 데이터와 상기 프레임 램에 저장된 이전 누적 데이터를 합산하여 다시 프레임 램에 저장하는 과정을 설정 시간 동안 반복 수행하는 데이터 누적부, 그리고 상기 프레임 램에 저장된 누적 데이터를 토대로 상기 표적까지의 거리인 표적 거리를 산출하는 거리 검출부를 포함하는 거리 측정부를 포함한다.

<21> 여기서, 상기 레이저 수신부는 상기 레이저광을 수신하여 해당 광전류 신호로 출력하는 광 검출기; 상기 광전류 신호를 증폭한 후 전압 신호로 변환하는 증폭기; 상기 전압 신호를 미분하여 상기 전압 신호에 중첩되어 있는 잡음 전압 성분을 제거하는 미분기; 상기 미분된 신호를 필터링하는 필터; 및 상기 필터링된 신호를 이진 신호인 측정 데이터로 변환 출력하여 프레임 단위로 출력하는 신호 변환부를 포함한다. 여기서, 상기 신호 변환부는 상기 필터링된 신

호를 영전압과 비교하여 상기 신호가 +전압이면 1, 상기 신호가 -전압이면 0을 출력하는 영전압 검출기일 수 있다.

- <22> 한편, 상기 데이터 누적부는 상기 측정 데이터를 순차적으로 저장하는 시프트 레지스터; 상기 시프트 레지스터에 저장된 측정 데이터와 상기 프레임 램에 저장된 이전 누적 데이터를 합산하여 상기 프레임 램에 다시 저장하는 가산기; 측정 시간을 카운트하는 계수부; 및 상기 측정 시간이 설정 시간을 경과할 때까지 상기 시프트 레지스터와 가산기를 동작시켜 상기 측정 데이터의 저장, 연산 및 누적 과정을 N회 반복 수행하는 타이밍 제어부를 더 포함할 수 있다.
- <23> 또한, 상기 거리 검출부는 상기 프레임 램에 저장된 누적 데이터 중에서 설정된 문턱값을 초과하는 데이터를 표적 신호로 검출하는 표적 신호 검출부; 상기 검출된 표적 신호가 저장되어 있던 프레임 램의 주소를 표적 거리로 판독하는 거리 판독부를 포함한다.
- <24> 또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 신호 수신 처리 장치는, 레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 측정하는 장치에서 상기 표적으로부터 반사되는 레이저광을 수신하여 이에 해당하는 측정 데이터를 생성하는 신호 수신 처리 장치이며, 상기 레이저광을 수신하여 해당 광전류 신호로 출력하는 광 검출기; 상기 광전류 신호를 증폭한 후 전압 신호로 변환하는 증폭기; 상기 전압 신호를 미분하여 상기 전압 신호에 중첩되어 있는 잡음 전압 성분을 제거하는 미분기; 상기 미분된 신호를 필터링하는 필터; 및 상기 필터링된 신호를 영전압과 비교하여 상기 신호가 +전압이면 1, 상기 신호가 -전압이면 0을 출력하여 이진 신호인 측정 데이터를 생성 및 출력하는 영전압 검출기를 포함한다.
- <25> 또한, 본 발명의 다른 특징에 따른 거리 측정 장치는 레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 측정하는 레이저 거리 측정 장치에서 상기 표적으로부터 반사되어 수신되는 레이저광에 해당하는 측정 데이터를 토대로 표적 거리를 검출하는 장치이며, 상기 측정 데이터를 순차적으



로 저장하는 시프트 레지스터, 이전 누적 데이터가 저장되어 있는 프레임 램, 상기 시프트 레지스터에 저장된 측정 데이터와 상기 프레임 램에 저장된 이전 누적 데이터를 합산하여 상기 프레임 램에 다시 저장하는 가산기, 측정 시간을 카운트하는 계수부, 그리고 상기 측정 시간이 설정 시간을 경과할 때까지 상기 시프트 레지스터와 가산기를 동작시켜 상기 측정 데이터의 저장, 연산 및 누적 과정을 N회 반복 수행하는 타이밍 제어부를 포함하는 데이터 누적부; 및 상기 프레임 램에 저장된 누적 데이터 중에서 설정된 문턱값을 초과하는 데이터를 표적 신호로 검출하는 표적 신호 검출부, 그리고 상기 검출된 표적 신호가 저장되어 있던 프레임 램의 주소를 표적 거리로 판독하는 거리 판독부를 포함하는 거리 검출부를 포함한다.

<26> 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 가장 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조로 하여 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.

<27> 도 1에 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 거리 측정 장치의 구조가 도시되어 있다.

<28> 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 거리 측정 장치는 도 1에 도시되어 있듯이, 크게, 레이저광을 표적으로 출력하는 레이저 출력부(100)와, 표적으로부터 반사되는 레이저광을 수신하여 해당하는 전기적인 신호를 출력하는 레이저 수신부(200), 수신된 신호를 토대로 표적까지의 거리를 측정하는 거리 측정부(300), 그리고 측정된 거리를 표시하는 디스플레이부(400)를 포함한다.

<29> 레이저 출력부(100)는 근적외선 대역의 레이저광을 출력하는 레이저 다이오드를 포함한다.



- <30> 레이저 수신부(200)는 레이저 출력부(100)에서 출력되는 레이저광(이하, 제1 레이저광이라고 명명함)을 수신 및 처리하여 레이저 발진 신호를 출력하는 제1 수신 처리부(210), 및 레이저 출력부(100)로부터 출력된 후 표적에서 반사되는 레이저광(이하, 제2 레이저광이라고 명명함)을 수신 및 처리하여 측정 데이터를 출력하는 제2 수신 처리부(220)를 포함한다.
- <31> 도 2에 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 수신부(200)의 상세 구조가 도시되어 있다.
- <32> 제1 수신 처리부(210)는 제1 레이저광을 수신하여 해당하는 광 전류 신호를 출력하는 제1 광 검출기(211), 제1 광 검출기(211)에서 출력되는 광 전류 신호를 증폭한 후 해당하는 전압 신호로 출력하는 제1 증폭기(212), 및 전압 신호를 필터링시켜 레이저 발진 신호로 출력하는 필터(213)를 포함한다.
- <33> 제2 수신 처리부(220)는 표적 신호 측정을 위한 아날로그 신호 처리부라고 명명할 수 있으며, 도 2에 도시되어 있듯이, 제2 레이저광을 수신하여 해당하는 광 전류 신호를 출력하는 제2 광 검출기(221), 제2 광 검출기(221)에서 출력되는 광 전류 신호를 증폭한 후 전압 신호로 출력하는 제2 증폭기(222), 전압 신호를 미분하여 신호 크기 및 펄스폭 변동에 의한 검출오차를 최소화하고 전압 신호에 중첩된 직류성분을 제거하는 미분기(223), 미분된 신호의 주파수 대역과 동일한 소정의 주파수 대역폭으로 미분 신호를 필터링하여 신호대잡음비를 극대화하는 정합필터(224), 필터링된 신호를 이진 검출 신호인 측정 데이터로 변환하는 신호 변환부로서, 필터링된 전압을 영전압과 비교하여 +전압은 1, -전압은 0인 1비트의 이진 신호인 측정 데이터로 변환 출력하는 영전압 검출기(225)를 포함한다. 여기서 신호 변환부로 영전압 검출기가 사용되었지만 이에 한정되지 않고 A/D 변환기 등의 다른 신호 변환 수단이 사용될 수 있다.



- <34> 도 3에 이러한 구조로 이루어지는 레이저 수신부(200)로부터 출력되는 레이저 발진 신호와 측정 데이터를 토대로 표적까지의 거리를 측정하는 거리 측정부(300)의 상세 구조가 도시되어 있다.
- <35> 첨부한 도 1 및 도 3에 도시되어 있듯이, 거리 측정부(300)는 검출 신호 즉, 측정 데이터를 N회 누적 저장하는 데이터 누적부(310), 누적된 데이터를 토대로 표적 신호를 검출하고, 표적 신호를 토대로 표적까지의 거리를 측정하는 거리 검출부(320), 및 발진 신호를 출력하는 발진기(330)를 포함한다.
- <36> 데이터 누적부(310)는 제2 수신 처리부(220)에서 출력되는 측정 데이터를 순차적으로 저장하는 시프트 레지스터(311), 이전 누적 데이터가 저장되어 있는 프레임 램(313), 시프트 레지스터(311)에 저장된 측정 데이터와 프레임 램(313)에 저장된 이전 누적 데이터를 합산하여 프레임 램(313)에 저장하는 가산기(312), 발진기(330)로부터 출력되는 발진 신호에 따라 신호 처리에 필요한 다수의 제어 신호를 생성하는 타이밍 제어부(314), 타이밍 제어부(314)의 제어에 따라 측정 시간을 카운트하는 거리 계수부(315), 타이밍 제어부(314)의 제어에 따라 시프트 레지스터(311) 및 프레임 램(313)으로의 데이터 저장을 제어하는 주소 제어부(316)를 포함한다.
- <37> 여기서, 타이밍 제어부(314)는 제1 수신 처리부(210)로부터 출력되는 레이저 발진 신호에 따라 레이저 시작 펄스를 출력하고, 거리 계수부(315)는 레이저 시작 펄스에 따라 측정 시간을 카운트하기 시작하며, 설정 시간이 경과되면 레이저 멈춤 펄스를 출력하면서 카운트 동작을 종료한다. 타이밍 제어부(314)는 레이저 시작 펄스를 출력함과 동시에 시프트 레지스터(311)와 주소 제어부(316)를 구동시켜 제2 수신 처리부(220)에서 출력되는 측정 데이터가 저장, 합산 및 누적 처리되는 데이터 누적 처리 동작이 이루어지도록 하며, 거리 계수부(315)로부



터 출력되는 레이저 멈춤 펄스에 따라 데이터 누적 처리 동작을 종료시킨다. 이러한 데이터 누적부(310)는 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현될 수 있다.

<38> 한편, 데이터 누적부(310)에서 누적 처리된 데이터를 토대로 표적 신호를 검출하고 이를 토대로 표적까지의 거리를 검출하는 거리 검출부(320)는, 후술할 누적이진검출 알고리즘(Cumulative Binary Detection Algorithm)을 이용하여 프레임 램(313)에 저장된 누적 데이터로부터 표적 신호를 찾아내는 표적 신호 검출부(321), 검출된 표적 신호를 소정의 분해능으로 판독하여 거리 정보를 생성하는 거리 판독부(322), 이러한 거리 정보 생성 과정을 제어하는 동작 제어부(323), 측정된 거리 정보를 디스플레이부(400)로 출력하고 외부 장치와 연동하는 인터페이스/통신부(324)를 포함한다.

<39> 여기서, 표적 신호는 레이저 출력부(100)로부터 출력된 후 표적에 반사되어 입사되는 레이저광(제2 레이저광)에 해당하는 신호로서, 잡음이 제거된 순수 레이저광에 해당하는 신호이다. 이러한 거리 검출부(320)는 DSP(digital signal processor)로 구현될 수 있다.

<40> 다음에는 이러한 구조로 이루어지는 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 거리 측정 장치의 동작에 대하여 설명한다.

<41> 먼저, 본 발명의 실시 예에 따른 누적 이진 검출 알고리즘에 대하여 설명한다. 도 4에 누적 이진 검출 알고리즘에 따라 처리되는 잡음 및 신호의 분포도 특성이 예시되어 있다.

<42> 누적 이진 검출 알고리즘은 이진 검출 신호인 측정 데이터를 누적하여 신호 대 잡음비를 증가시키는 방법으로, 신호와 잡음은 비상관성(Uncorrelation)을 유지하고, 표적신호는 동일한 시간에 발생하며, 잡음은 평균이 0인 정규분포(Gaussian Distribution)를 이룬다는 가정 하에서 이루어진다.

<43> 이러한 가정을 토대로 하여, 평균이 0인 정규 분포 잡음을 영전압 검출기를 통해 +전압은 1로 -전압은 0으로 N번 검출하여 누적하면, 누적된 잡음분포의 평균은 $0.5N$ 이 되고 표준편차는 $0.5\sqrt{N}$ 이 된다.

<44> 정규 분포 잡음에 신호(표적 신호)가 중첩되면, 그 확률 분포가 도 4의 (a)에 도시되어 있듯이, 중첩된 신호의 크기만큼 평행 이동하게 된다. 따라서, N번 누적된 누적확률분포의 평균은 pN 이 되고 표준편차는 $\sqrt{p(1-p)N}$ 이 되며, 신호대잡음비는 \sqrt{N} 배만큼 향상된다. 여기서, p 는 신호가 존재할 때 영전압 검출기의 출력이 1일 확률이다.

<45> 따라서, 누적 이진 검출 알고리즘에서의 오경보율(표적 신호가 아닌 것을 표적 신호로 잘못 검출하게 되는 확률), 및 검출확률 P_D 는 문턱대 잡음비 및 신호대잡음비에 따라 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

<46> **【수학식 1】**

$$FAR = N_S \int_{L_T}^{\infty} \frac{1}{0.5\sqrt{N}2\pi} e^{-\frac{(x-0.5N)^2}{0.5N}} dx = N_S \left(0.5 - \int_0^{TNR} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right)$$

<47> **【수학식 2】**

$$P_D = \int_{L_T}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{p(1-p)N}2\pi} e^{-\frac{(x-pN)^2}{2p(1-p)N}} dx = 0.5 + \int_0^{SNR(N)-TNR} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} dy$$

<48> 여기서,

<49> FAR : 오경보율(false alarm rate)

<50> N_S : 거리 측정 샘플수 = 최대 측정 거리/거리 측정 분해능

<51> N : 누적회수

<52> L_T : 문턱값 = $0.5\sqrt{N(TNR)} + 0.5N$

<53> TNR : 문턱대잡음비(threshold-to-noise rate)

- <54> SNR(1) : 시스템의 신호대잡음비(signal-to-noise rate)
- <55> SNR(N) : N회 누적시의 신호대잡음비 = $\sqrt{N(SNR(1))}$
- <56> 이러한 수학적 1과 수학적2로 표현되어지는 본 발명의 실시 예에 따른 누적 이진 검출 알고리즘의 효과를 예를 들어 설명한다.
- <57> 예를 들어, 설계사양으로 오경보율 0.1% 이하, 검출확률 99.9% 이상, 최대측정거리 3000m, 거리측정분해능 1m, 누적회수 1024회가 주어졌다고 가정하자. 위에 기술된 수학적식에 따라 $N_S=3000$ 이므로 $L_T=592$, $TNR=5$, $SNR(1024)=8.1$, $SNR(1)=0.253$ 이 된다. 이 결과는 시스템 잡음의 1/4 크기에 해당하는 표적신호 즉, 잡음 속에 묻혀있는 신호를 검출할 수 있다는 것을 보여주는데, 이는 종래의 거리 측정 장치에 사용되고 있는 레이저의 1/32 이하의 출력으로도 동일한 거리측정 능력을 갖는 시스템을 구현할 수 있음을 의미한다.
- <58> 다음에는 이러한 알고리즘을 토대로 작동하는 본 발명의 실시 예에 따른 거리 측정 과정에 대하여 설명한다.
- <59> 도 5에 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 거리 측정 장치의 동작이 순서대로 도시되어 있다.
- <60> 먼저, 레이저 출력부(100)가 표적까지의 거리를 측정하기 위하여 저출력의 레이저광을 출력하면, 레이저 수신부(200)의 제1 수신 처리부(210)가 출력된 레이저광을 검출하여 레이저 발진 신호를 출력한다(S100).
- <61> 제1 수신 처리부(210)의 제1 광검출기(211)는 레이저 출력부(100)로부터 출력된 레이저광을 수신하여 해당하는 광 전류 신호를 출력하고, 제1 증폭기(212)는 광 전류 신호를 증폭한

후 전압 신호로 변환하며, 필터(213)는 전압 신호를 소정 필터링한 후 레이저 발진 신호로 출력한다.

<62> 제1 수신 처리부(210)로부터 레이저 발진 신호 즉, 레이저 출력부(100)로부터 표적으로 레이저광이 출력되었음을 나타내는 신호가 입력되면, 데이터 누적부(310)의 타이밍 제어부(314)가 레이저 시작 펄스를 생성하여 거리 계수부(315)로 출력하며, 이에 따라 거리 계수부(315)는 거리 측정을 위한 데이터를 수신, 연산 및 저장하는 측정 시간을 카운트하기 시작한다(S110).

<63> 한편, 레이저 출력부(100)로부터 출력된 레이저광은 표적(A)에 반사되어 레이저 수신부(200)의 제2 수신 처리부(220)로 입력되며, 이 때, 입력되는 레이저광에는 잡음도 함께 중첩되어 있다(S120). 따라서, 본 발명의 실시 예에서는 잡음과 함께 입력되는 저출력의 레이저광(표적으로부터 반사되는 레이저광)을 검출하기 위하여 다음과 같이 수신되는 광을 처리한다.

<64> 도 6에 본 발명의 실시 예에 따른 제2 수신 처리부에서 처리되어 출력되는 아날로그 신호 파형 및 이진 검출신호 출력이 예시되어 있다.

<65> 구체적으로, 제2 수신 처리부(220)의 제2 광 검출기(221)는 입사되는 광에 해당하는 광 전류 신호를 출력하고, 제2 증폭기(222)가 광 전류 신호를 증폭한 후 전압 신호로 변환하여 출력한다.

<66> 이 때, 제2 증폭기(222)의 출력은 도 6의 (a)에 도시되어 있듯이, 표적 신호에 시스템 잡음이 중첩되어 있다. 이러한 잡음 성분 중에서 특히, 레이저가 대기를 통과할 때 발생하는 산란광에 의한 잡음은 근거리에서는 매우 크고 거리에 따라 지수적으로 감소하는 특성을 가지기 때문에, 거리 측정시 표적까지의 거리를 잘못 측정하게 되는 오측정률을 증가시키는 원인이



된다. 종래의 문턱검출방식에 의한 신호처리에서는 시변이득제어기(Time Varying Gain Controller)를 이용하여 전체적인 증폭이득을 조절함으로써 이와 같은 문제를 해결하고 있으나, 여전히 표적신호의 크기 변동에 따른 펄스 검출 오차를 제거하지 못하는 문제점이 있다. 도 7에 종래의 거리측정에 따라 발생하는 펄스 검출 오차가 예시되어 있다. 종래 방식을 사용하는 경우에 펄스폭이 매우 짧고 거리측정분해능이 10m 이상인 경우에는 측정오차에 큰 영향을 미치지 않는으나, 1m 이하의 분해능으로 거리를 측정할 시에는 큰 오차로 작용하게 된다.

<67> 본 발명의 실시 예에서는 미분기(223)가 전압 신호에 중첩되어 거리에 따라 지수적으로 감소하는 레이저의 배경산란에 의한 전압성분을 미분하여 제거하고, 정합필터(224)는 미분된 신호를 표적 신호의 주파수 대역과 동일한 소정의 주파수 대역폭으로 필터링하여, 미분된 신호의 고주파 잡음을 제거하여 신호 대 잡음비를 최적화한다. 이 때, 필터의 차단 주파수 f_c 는 레이저 펄스(레이저 출력부에서 출력되는 레이저광)의 반치폭(Full Width at Half Maximum)을 τ 라 할 때 $1/2\tau$ 로 설계한다. 즉, $\tau=20\text{ns}$ 라 할 때 $f_c=1/2\tau=25\text{MHz}$ 로 설계한다.

<68> 이러한 미분기와 필터의 동작에 따라, 수신 및 처리되어 출력되는 전압 신호 중에서 표적 신호의 주파수 대역과 동일한 소정의 주파수 대역폭(예: 레이저 출력부의 레이저 다이오드의 파워가 상승되면서 레이저광이 발생되기까지 걸리는 시간인 레이저 펄스의 상승시간을 t_r 이라고 할 때, 대역폭은 $0.35/t_r$ 을 만족한다. $t_r=10\text{ns}$ 이면 대역폭= $0.35/t_r=35\text{MHz}$ 가 되도록 설계)으로 직류성분의 산란광 잡음을 차단한 효과가 제공된다. 또한, 오측정률이 최소화되며, 펄스 검출 오차가 효과적으로 제거된다. 도 8에 본 발명에 실시 예에 따른 펄스 검출 오차가 예시되어 있다. 위에 기술된 바와 같은 미분 동작에 의하여, 표적 신호의 첨두치를 도 8에 예시한 바와 같이 신호의 크기에 무관하게 일정한 위치에서 검출 가능하게 되어 펄스 검출 오차가 효과적으로 제거된다.

- <69> 다음에, 영전압 검출기(225)는 이와 같이 잡음이 제거된 신호를 이진 디지털 신호로 처리하여 거리 검출부(320)로 출력한다.
- <70> 영전압 검출기(225)는 정합필터(224)의 출력 전압을 영전압과 비교하여 + 전압이면 1로, - 전압이면 0으로 출력하여, 이러한 이진 검출 신호는 도 6의 (b)에 도시되어 있듯이 프레임 단위로 출력된다(S130). 이 때, 한 프레임은 $N_S=3000$ 개 비트로 구성되며, 한 비트는 거리측정 분해능 1m에 해당된다.
- <71> 위에 기술된 바와 같이 제2 수신 처리부(220)에 의하여 표적으로부터 반사되어 입사되는 레이저광에 대한 잡음을 제거하는 전처리 과정이 수행되어 이진 검출 신호 즉, 측정 데이터가 생성되면, 거리 검출부(320)는 다음과 같이 측정 데이터를 토대로 표적까지의 거리를 산출한다.
- <72> 제2 수신 처리부(220)에서 출력되는 측정 데이터들은 거리 검출부(320)의 데이터 누적부(310)로 입력되어 측정 시간 동안 누적 처리된다. 구체적으로 데이터 누적부(310)의 타이밍 제어부(314)에서 출력되는 제어 신호에 따라 시프트 레지스터(311)는 제2 수신 처리부(220)에서 출력되는 프레임 단위의 측정 데이터를 순차적으로 고속 저장한다(S140). 다음에 가산기(312)는 시프트 레지스터(311)에 현재 입력되어 저장된 측정 데이터와 프레임 램(313)에 저장되어 있던 이전 누적 데이터를 비트 단위로 합산하여, 그 결과를 다시 프레임 램(313)에 누적 저장하는 과정을 수행한다(S150). 이 때, 주소 제어부(316)가 시프트 레지스터(311)와 프레임 램(313)으로 데이터가 저장되는 동작을 제어하며, 특히, 누적 데이터가 정확한 주소에 저장되도록 제어한다.



- <73> 위에 기술된 바와 같이 측정 데이터를 연산하여 누적 처리하는 과정은 거리 계수부(315)에 의하여 카운트되는 측정 시간이 설정 시간을 경과하기까지 N회 반복 수행되며, 본 발명의 실시 예에서는 N=1024회 반복 수행한다.
- <74> 한편, 거리 계수부(315)는 타이밍 제어부(314)로부터 인가되는 레이저 시작 펄스에 따라 측정 시간을 카운트하기 시작하여 측정 시간이 설정 시간을 초과하면, 카운트 동작을 종료하고 레이저 멈춤 펄스를 타이밍 제어부(314)로 출력한다. 이와 같이, 거리 계수부(315)는 레이저의 시작펄스와 멈춤펄스 간의 시간차를 거리측정분해능 1m로 계수하게 된다.
- <75> 타이밍 제어부(314)는 거리 계수부(315)로부터 측정 시간이 설정 시간을 경과하여 레이저 멈춤 펄스가 출력되면, 시프트 레지스터(311), 가산기(312), 프레임 램(313), 주소 제어부(316)의 구동을 정지시켜 측정 데이터의 연산 및 누적 처리 과정을 종료한다(S160).
- <76> 측정 데이터의 연산 및 누적 처리 과정이 종료되면, 누적된 데이터를 토대로 동작 제어부(323)의 제어에 따라 거리 검출부(320)의 각 구성 요소가 동작하여 표적까지의 거리를 검출한다.
- <77> 구체적으로, 표적신호 검출부(321)가 프레임 램(313)에 저장된 최종 누적 데이터를 판독하고, 최종 누적 데이터 중에서 문턱값 예를 들어, $L_T=592$ 이상인 데이터를 표적 신호로 검출한다(S170).
- <78> 다음에, 거리 판독부(322)가 검출된 데이터 즉, 표적 신호들을 토대로 표적 거리를 판독한다(S180). 검출된 표적 신호들은 하나 이상일 수 있다. 이것은 실질적으로 거리를 측정하고자 하는 표적 근처에 다른 대상이 다수 존재하는 경우에 발생할 수 있다. 따라서, 거리 판독부(322)는 표적 신호가 하나 이상인 경우 검출된 표적 신호들을 그 신호가 프레임 램(313)



에 저장되어 있던 주소에 따라 오름차순으로 정렬하고, 각각의 주소들을 각 표적들의 표적 거리로 판독한다. 이 때, 실질적으로 거리를 측정하고자 하는 표적의 거리는 정렬된 주소 중에서 가장 큰 값을 가지는 주소 값이 된다.

- <79> 한편, 문턱값 이상인 표적 신호가 하나인 경우에는 해당 표적 신호가 저장되어 있던 프레임 램(313)의 주소가 표적 거리가 된다.
- <80> 이와 같이 검출된 표적 거리(거리 정보)는 인터페이스/통신부(32D)를 통하여 디스플레이부(400)로 출력하며, 이에 따라 디스플레이부(400)를 통하여 표적까지의 거리가 디스플레이된다.
- <81> 비록, 본 발명이 가장 실제적이며 바람직한 실시 예를 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 상기 개시된 실시 예에 한정되지 않으며, 후술되는 특허청구범위 내에 속하는 다양한 변형 및 등가물들도 포함한다.

【발명의 효과】

- <82> 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따르면 저출력의 레이저광을 출력하고 표적으로부터 반사되어 입력되는 레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 검출하는 거리 측정 장치에서, 잡음속에 묻혀진 표적 신호를 용이하고 정확하게 검출할 수 있다.
- <83> 따라서, 저출력 시력보호 레이저 다이오드 거리 측정 장치의 거리측정 능력을 증대시킬 수 있다.



【특허청구범위】

【청구항 1】

- a) 표적으로부터 반사되어 입력되는 레이저광을 수신하여 해당하는 전기적 신호를 출력하는 단계;
- b) 상기 전기적 신호에 포함되어 있는 잡음 성분을 제거하는 단계;
- c) 상기 잡음이 제거된 신호를 측정 데이터로 변환하는 단계;
- d) 상기 측정 데이터를 순차적으로 저장하는 단계;
- e) 상기 저장된 측정 데이터와 이전에 처리되어 저장되어 있던 누적 데이터를 합산하고, 그 결과값을 누적 데이터로 저장하는 단계;
- f) 상기 누적 데이터 중에서 문턱값을 초과하는 데이터를 표적 신호로 검출하는 단계;
- 및
- g) 상기 검출된 표적신호를 토대로 표적 거리를 판독하는 단계를 포함하고,
- 상기 a) 내지 e) 단계는 N회 반복 수행되고,
- 상기 f) 단계의 누적 데이터는 상기 N회 반복 수행에 따라 얻어진 데이터인 거리 측정 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 a) 단계는 상기 레이저광을 수신하여 해당 광전류 신호로 변환한 다음에, 이 신호를 전압 신호로 변환하며,

상기 b) 단계는 상기 전압 신호를 미분하여 상기 전압 신호에 중첩되어 거리에 따라 지수적으로 감소하는 레이저의 배경산란에 의한 전압성분을 제거하는 거리 측정 방법.

【청구항 3】

제2항에 있어서,

상기 미분 처리된 신호를 표적 신호의 주파수 대역과 동일한 소정의 주파수 대역폭으로 필터링하는 단계를 더 포함하고,

상기 대역폭은 $0.35/t_r$ (t_r 은 레이저 펄스의 상승시간)을 만족하고, 차단 주파수는 $1/2\tau$ (τ =레이저 펄스의 반치폭)를 만족하는 거리 측정 방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 f) 단계는 다음의 조건을 만족하도록 문턱값을 설정하는 거리 측정 방법.

$$FAR = N_s \int_{L_r}^{\infty} \frac{1}{0.5\sqrt{N}2\pi} e^{-\frac{(x-0.5N)^2}{0.5N}} dx = N_s \left(0.5 - \int_0^{TNR} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right)$$

$$P_D = \int_{L_r}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{p(1-p)N}2\pi} e^{-\frac{(x-pN)^2}{2p(1-p)N}} dx = 0.5 + \int_0^{SNR(N)-TNR} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} dy$$

여기서,

P_D : 검출확률

FAR : 오경보율(false alarm rate)

N_s : 거리 측정 샘플수 = 최대 측정 거리/거리 측정 분해능

N : 누적회수

$$L_T : \text{문턱값} = 0.5\sqrt{N(\text{TNR})} + 0.5N$$

TNR : 문턱대잡음비

SNR(1) : 시스템의 신호대잡음비

$$\text{SNR}(N) : N\text{회 누적시의 신호대잡음비} = \sqrt{N(\text{SNR}(1))}$$

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 g) 단계에서 상기 표적 거리는 상기 문턱값 이상인 누적 데이터가 저장되어 있는 메모리의 주소인 거리 측정 방법.

【청구항 6】

레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 측정하는 거리 측정 장치에서

상기 표적에서 반사되는 레이저광을 수신하여 전기적인 신호로 출력한 후, 상기 전기 신호에 포함된 잡음 성분을 제거한 다음 이진 신호인 측정 데이터로 출력하는 레이저 수신부; 및

이전 누적 데이터가 저장되어 있는 프레임 램을 포함하고, 상기 레이저 수신부로부터 출력되는 측정 데이터와 상기 프레임 램에 저장된 이전 누적 데이터를 합산하여 다시 프레임 램에 저장하는 과정을 설정 시간 동안 반복 수행하는 데이터 누적부, 그리고

상기 프레임 램에 저장된 누적 데이터를 토대로 상기 표적까지의 거리인 표적 거리를 산출하는 거리 검출부를 포함하는 거리 측정부

를 포함하는 레이저 거리 측정 장치



【청구항 7】

제6항에 있어서

상기 레이저 수신부는

상기 레이저광을 수신하여 해당 광전류 신호로 출력하는 광 검출기;

상기 광전류 신호를 증폭한 후 전압 신호로 변환하는 증폭기;

상기 전압 신호를 미분하여 상기 전압 신호에 중첩되어 있는 잡음 전압 성분을 제거하는 미분기;

상기 미분된 신호를 필터링하는 필터; 및

상기 필터링된 신호를 이진 신호인 측정 데이터로 변환 출력하여 프레임 단위로 출력하는 신호 변환부

를 포함하는 레이저 거리 측정 장치.

【청구항 8】

제7항에 있어서

상기 신호 변환부는

상기 필터링된 신호를 영전압과 비교하여 상기 신호가 +전압이면 1, 상기 신호가 -전압이면 0을 출력하는 영전압 검출기로 이루어지는 레이저 거리 측정 장치.

【청구항 9】

제6항에 있어서

상기 데이터 누적부는



상기 측정 데이터를 순차적으로 저장하는 시프트 레지스터;

상기 시프트 레지스터에 저장된 측정 데이터와 상기 프레임 램에 저장된 이전 누적 데이터를 합산하여 상기 프레임 램에 다시 저장하는 가산기;

측정 시간을 카운트하는 계수부; 및

상기 측정 시간이 설정 시간을 경과할 때까지 상기 시프트 레지스터와 가산기를 동작시켜 상기 측정 데이터의 저장, 연산 및 누적 과정을 N회 반복 수행하는 타이밍 제어부를 더 포함하는 레이저 거리 측정 장치.

【청구항 10】

제6항에 있어서

상기 거리 검출부는

상기 프레임 램에 저장된 누적 데이터 중에서 설정된 문턱값을 초과하는 데이터를 표적 신호로 검출하는 표적 신호 검출부;

상기 검출된 표적 신호가 저장되어 있던 프레임 램의 주소를 표적 거리로 판독하는 거리 판독부

를 포함하는 레이저 거리 측정 장치

【청구항 11】

제10항에 있어서

상기 거리 판독부는



상기 검출된 표적 신호가 하나 이상인 경우에는 상기 표적 신호들을 그 신호가 저장되어 있던 프레임 램의 주소에 따라 오름차순으로 정렬하고, 정렬된 주소 중에서 가장 큰 값을 가지는 주소를 상기 표적의 표적 거리로 판독하는 레이저 거리 측정 장치.

【청구항 12】

제9항에 있어서

상기 레이저 수신부는

상기 거리 측정 장치에서 출력되는 레이저광을 수신하여 레이저 발진 신호를 생성하는 수신 처리부를 더 포함하고,

상기 타이밍 제어부는 상기 레이저 발진 신호에 따라 레이저 시작 펄스를 생성하고, 레이저 멈춤 펄스가 입력될 때까지 상기 측정 데이터의 저장, 연산 및 누적 과정을 N회 반복 수행하며,

상기 거리 계수부는 상기 레이저 시작 펄스에 따라 측정 시간을 카운트하고, 카운트된 측정 시간이 설정 시간을 초과하면 레이저 멈춤 펄스를 상기 타이밍 제어부로 출력하는 레이저 거리 측정 장치.

【청구항 13】

제9항에 있어서

상기 데이터 누적부는

상기 시프트 레지스터 및 프레임 램으로의 데이터 저장을 제어하는 주소 제어부를 더 포함하는 레이저 거리 측정 장치.

**【청구항 14】**

제6항에 있어서

상기 표적 거리를 디스플레이하는 디스플레이부를 더 포함하는 레이저 거리 측정 장치

【청구항 15】

레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 측정하는 레이저 거리 측정 장치에서, 상기 표적으로부터 반사되는 레이저광을 수신하여 이에 해당하는 측정 데이터를 생성하는 신호 수신 처리 장치이며,

상기 레이저광을 수신하여 해당 광전류 신호로 출력하는 광 검출기;

상기 광전류 신호를 증폭한 후 전압 신호로 변환하는 증폭기;

상기 전압 신호를 미분하여 상기 전압 신호에 중첩되어 있는 잡음 전압 성분을 제거하는 미분기;

상기 미분된 신호를 필터링하는 필터; 및

상기 필터링된 신호를 영전압과 비교하여 상기 신호가 +전압이면 1, 상기 신호가 -전압이면 0을 출력하여 이진 신호인 측정 데이터를 생성 및 출력하는 영전압 검출기를 포함하는 레이저 거리 측정 장치의 신호 수신 처리 장치.

【청구항 16】

레이저광을 이용하여 표적까지의 거리를 측정하는 레이저 거리 측정 장치 중에서 상기 표적으로부터 반사되어 수신되는 레이저광에 해당하는 측정 데이터를 토대로 표적 거리를 검출하는 거리 검출 장치이며,

상기 측정 데이터를 순차적으로 저장하는 시프트 레지스터,

이전 누적 데이터가 저장되어 있는 프레임 램,

상기 시프트 레지스터에 저장된 측정 데이터와 상기 프레임 램에 저장된 이전 누적 데이터를 합산하여 상기 프레임 램에 다시 저장하는 가산기,

측정 시간을 카운트하는 계수부, 그리고

상기 측정 시간이 설정 시간을 경과할 때까지 상기 시프트 레지스터와 가산기를 동작시켜 상기 측정 데이터의 저장, 연산 및 누적 과정을 N회 반복 수행하는 타이밍 제어부를 포함하는 데이터 누적부; 및

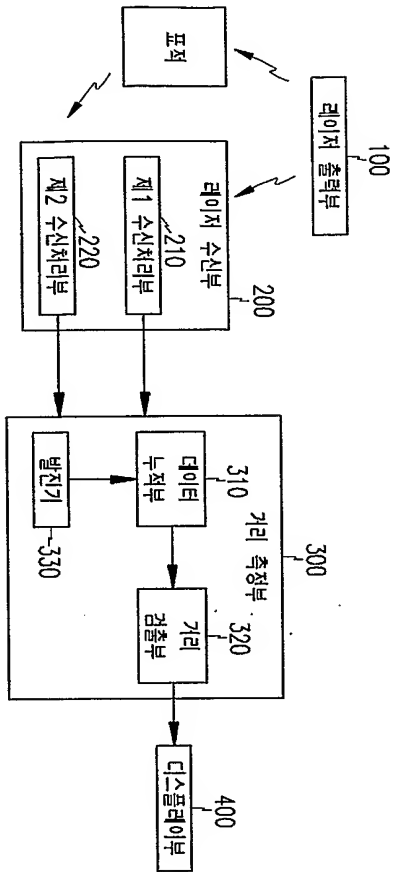
상기 프레임 램에 저장된 누적 데이터 중에서 설정된 문턱값을 초과하는 데이터를 표적 신호로 검출하는 표적 신호 검출부, 그리고

상기 검출된 표적 신호가 저장되어 있던 프레임 램의 주소를 표적 거리로 판독하는 거리 판독부를 포함하는 거리 검출부

를 포함하는 레이저 거리 측정 장치의 거리 검출 장치.

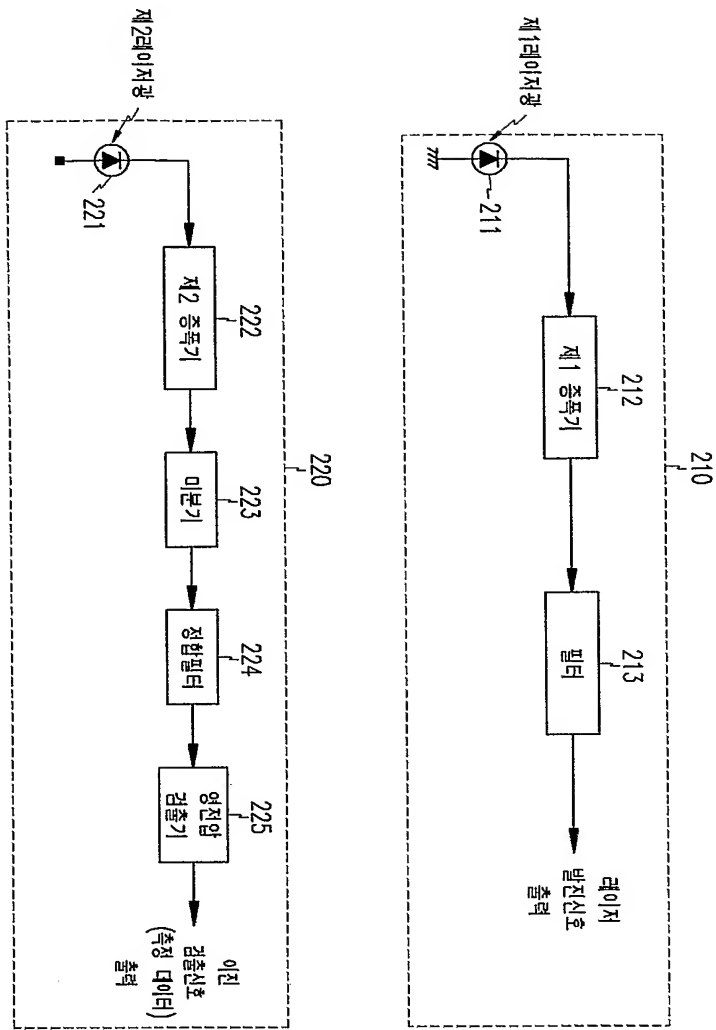
【도면】

【도 1】





【도 2】

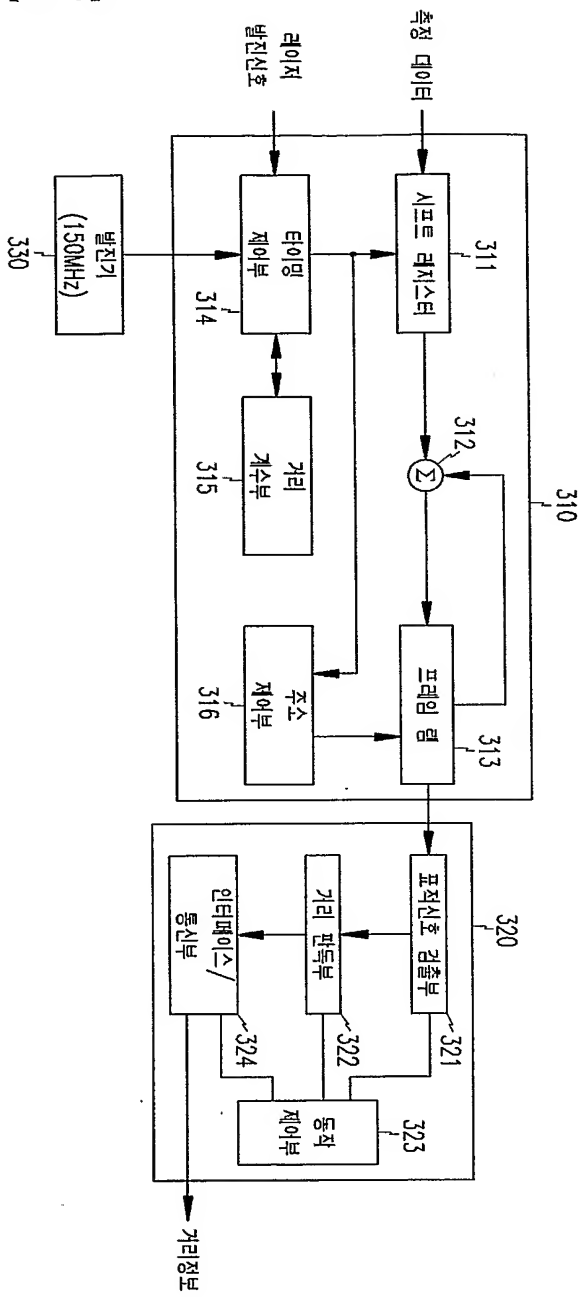




1020030046882

출력 일자: 2003/8/27

【도 3】

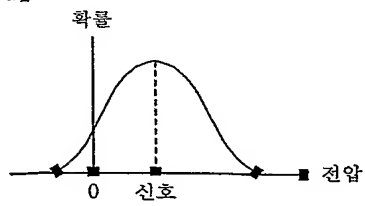




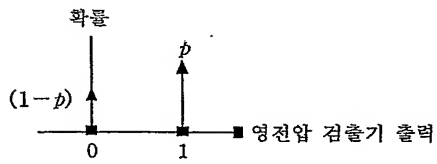
1020030046882

출력 일자: 2003/8/27

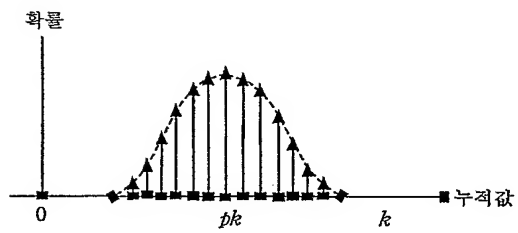
【도 4】



(a) 신호가 중첩된 정규분포잡음

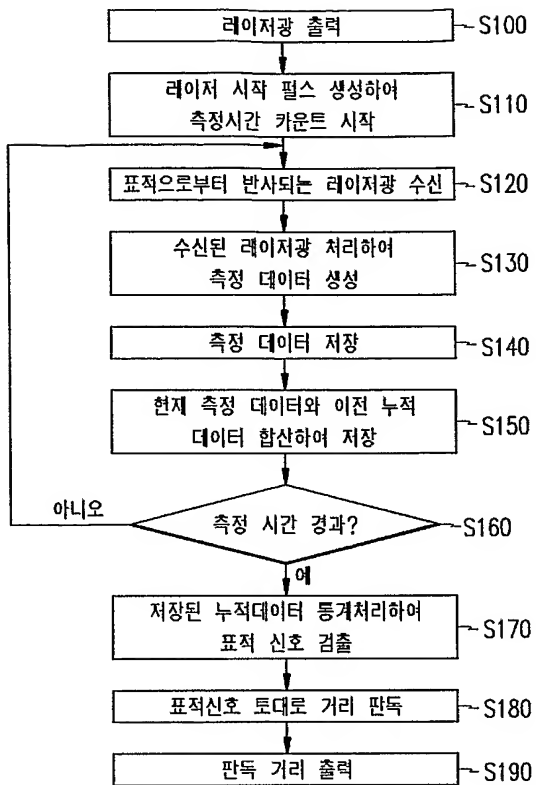


(b) 이진검출 확률분포



(c) 누적확률분포

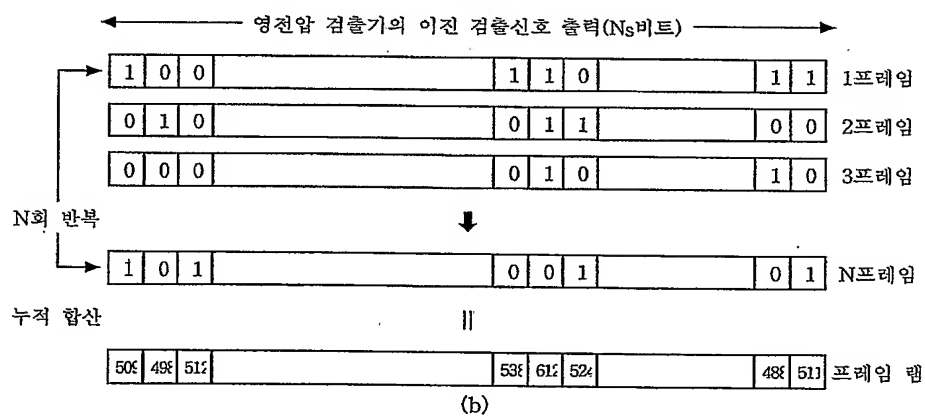
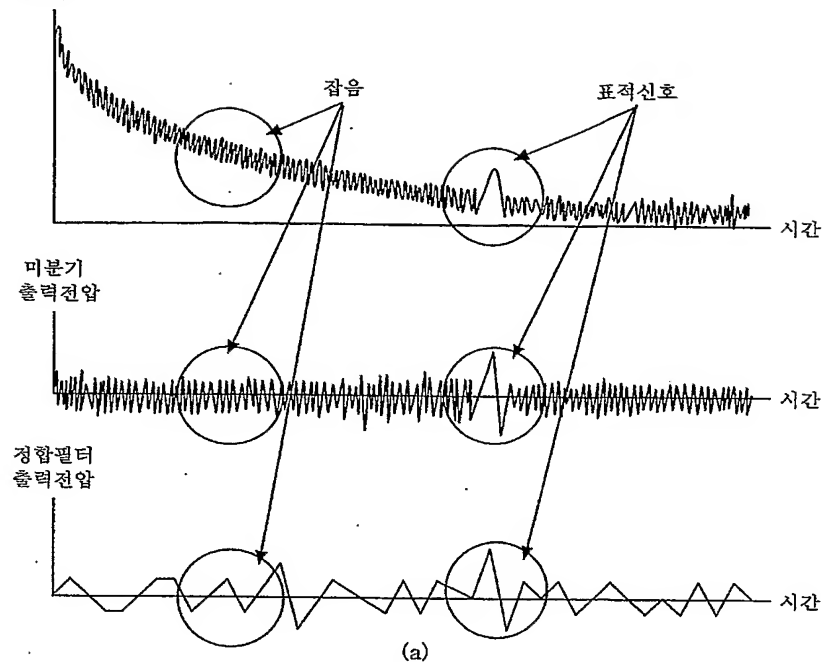
【도 5】



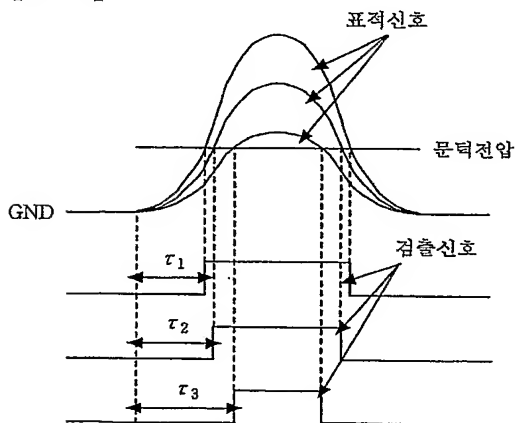


【도 6】

전달임피던스 증폭기
출력전압



【도 7】



【도 8】

